Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE CRÔNICA DE MICROFIBRAS DE ALGODÃO ENVELHECIDAS EM LARVAS DE *ECHINOMETRA LUCUNTER*

EVALUATION OF THE CHRONIC TOXICITY OF AGED COTTON MICROFIBERS IN *ECHINOMETRA LUCUNTER* LARVAE

Ana Lúcia Flora Bezerra Menezes, Rodrigo Brasil Choueri, Adrielli Cristini Teixeira de Andrade, Paloma Kachel Gusso-Choueri

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Ciências Biológicas, Curso de Ciências Biológicas
E-mail para contato: floraanalucia@gmail.com

RESUMO – Este estudo avaliou os efeitos de microfibras de algodão envelhecidas em água marinha sobre o desenvolvimento embrio-larval de Echinometra lucunter, estimando a CE50. As microfibras foram envelhecidas por 30 dias e testadas em dez concentrações durante 42 horas. O aumento da concentração esteve associado à maior ocorrência de alterações morfológicas e comprometimento do desenvolvimento. A CE50 estimada foi de 0,2241 g/L. Os resultados mostram o potencial das microfibras de algodão como contaminantes aquáticos e reforçam a necessidade de estudos sobre seus efeitos ecotoxicológicos e de ações de mitigação da poluição associada a estes contaminantes.

Palavras-chave: ecotoxicologia; microcontaminantes; fibras; têxteis; naturais

ABSTRACT – This study evaluated the effects of seawater-aged cotton microfibers on the embryo-larval development of Echinometra lucunter, estimating the EC50. The microfibers were aged for 30 days and tested at ten concentrations over a 42-hour period. Increased concentrations were associated with a higher incidence of morphological alterations and developmental impairment. The estimated EC50 was 0.2241 g/L. The results demonstrate the potential of cotton microfibers to act as aquatic contaminants and underscore the need for research into their ecotoxicological effects, as well as the implementation of measures to mitigate pollution associated with these contaminants.

Keywords: ecotoxicology; microcontaminants; fibers; textiles; natural

ISSN 2317-1316

1 INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é reconhecida como um dos setores industriais de maior impacto ambiental em escala global, sendo responsável por aproximadamente 10% da poluição mundial (Niinimäki *et al.*, 2020). Além do elevado consumo de água associado aos processos de fabricação, o uso intensivo de recursos naturais e da significativa geração de resíduos ao longo da cadeia produtiva (Fraga; Santos, 2020), outros efeitos nocivos relacionados à produção de vestuário em larga escala têm sido progressivamente investigados pela literatura científica.

A poluição por micropartículas têxteis, denominadas microfibras (MFs), tem emergido nas últimas décadas como uma ameaça à integridade dos ecossistemas aquáticos (Liu *et al.*, 2019). A ocorrência desses contaminantes em ambientes aquáticos está associada, entre outros fatores, à expansão do modelo *fast-fashion,* caracterizado pela rápida produção, preços reduzidos e ampla disponibilidade de produtos. Nesse contexto, as microfibras têxteis têm recebido crescente atenção, sendo reconhecidas pela ecotoxicologia como contaminantes emergentes (Avio *et al.*, 2017).

Microfibras são frequentemente agrupadas de forma imprecisa na categoria dos microplásticos. Tal associação decorre, em grande parte, do enfoque predominante das pesquisas em fibras sintéticas, como o poliéster, que são derivadas do petróleo (Suaria *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2019). Entretanto, nem todas as microfibras possuem natureza plástica, uma vez que além de sintéticas, podem ter origem artificial (ex.: viscose) ou natural (ex.: algodão). Embora fibras naturais apresentem composição celulósica e potencial de biodegradação, também contribuem significativamente para a carga de contaminantes nos ambientes aquáticos (Romero *et al.*, 1995; Browne *et al.*, 2011).

Uma quantidade expressiva dessas microfibras alcança os ambientes aquáticos, principalmente por meio de efluentes provenientes da lavagem doméstica. Evidências indicam que aproximadamente 88% das microfibras detectadas nos ambientes marinhos e dulcícolas são constituídas por materiais celulósicos de origem natural (Le Guen *et al.*, 2020). O algodão ocupa a segunda posição entre as mais utilizadas na produção de materiais têxteis (Bick *et al.*, 2018). Em razão da ampla utilização, tem-se intensificado a preocupação com os resíduos gerados ao longo de seu ciclo de vida.

A introdução de detritos antropogênicos nos corpos hídricos pode afetar o equilíbrio ecológico, comprometendo processos biológicos essenciais, como crescimento,

ISSN 2317-1316

desenvolvimento e reprodução, além de contribuir para o aumento das taxas de mortalidade dos organismos expostos (Chae; An, 2017). Adicionalmente, podem atuar como vetores de aditivos químicos incorporados a elas durante as etapas de processamento têxtil (Rovira *et al.*, 2019). Outro fator que influencia o potencial de contaminação desses poluentes é o processo de envelhecimento que pode provocar alterações físico-químicas nas fibras e levar à formação de partículas menores, aumentando sua capacidade de interação com os organismos e, consequentemente, intensificando seus efeitos no ambiente (Ladewing *et al.*, 2015).

Embora haja um aumento significativo da atenção científica voltada a esses poluentes, ainda são limitados os estudos direcionados sobre os efeitos da exposição de organismos às microfibras naturais. Persistem incertezas relacionadas à sua permanência nos ambientes aquáticos, aos subprodutos de sua degradação e aos possíveis impactos sobre organismos e processos ecossistêmicos (Henry *et al.*, 2019; Mishra *et al.*, 2019), o que dificulta uma avaliação mais precisa dos riscos associados a esse tipo de contaminante (Ladewing *et al.*, 2015). Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo avaliar os efeitos das microfibras de algodão envelhecidas em água marinha em organismos invertebrados, a fim de estimar a CE_{50}, definida como a concentração capaz de provocar efeito em 50% dos indivíduos avaliados.

O estudo também se alinha às diretrizes estabelecidas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030. Investigações ecotoxicológicas envolvendo fibras têxteis apresentam relação direta com os ODS 14 (Vida na Água) e 15 (Vida Terrestre), uma vez que abordam os efeitos dessas partículas sobre os ecossistemas aquáticos e terrestres. De forma complementar, tais pesquisas também dialogam com os ODS 6 (Água Potável e Saneamento), 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima). Isso ocorre porque a identificação das microfibras como contaminantes emergentes em efluentes evidencia limitações nos sistemas convencionais de tratamento, além de reforçar a necessidade de práticas produtivas mais sustentáveis no setor têxtil. Dessa maneira, esse tipo de investigação amplia o conhecimento científico disponível e fornece subsídios técnicos para a formulação de políticas públicas e estratégias de gestão ambiental em consonância com os princípios estabelecidos pela Agenda 2030.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O tecido 100% algodão foi adquirido em comércios de Santos (SP). Para a extração das fibras, utilizou-se um removedor elétrico de pelos exclusivo, prevenindo a contaminação

ISSN 2317-1316

cruzada. Posteriormente, as microfibras foram armazenadas em frascos de vidro vedados até a sua utilização.

O ouriço-do-mar *Echinometra lucunter* em seu estágio embrionário foi utilizado como organismo teste. Esta espécie de invertebrado marinho apresenta elevada sensibilidade a contaminantes em fases iniciais de desenvolvimento, rápido desenvolvimento embrionário e clareza das respostas morfológicas observadas ao microscópio, o que garante confiabilidade nos ensaios ecotoxicológicos (Barbosa, 2013). Os exemplares de *E. lucunter* foram coletados na praia do Guaiuba, localizada no município do Guarujá (SP), por meio de mergulho livre. Após a coleta, os organismos foram transportados em caixas térmicas até o laboratório, onde permaneceram em tanques contendo água marinha previamente filtrada, sob condições controladas de oxigenação (5,5 ± 0,5 mg/L), salinidade (34 ± 2), pH (8,3 ± 0,2) e fotoperíodo de 16 horas de luz e 8 horas de escuro, até o início do experimento.

Para preparar a solução-estoque, as microfibras foram utilizadas na preparação, sendo a concentração estoque estabelecida em 0,3 g/L. As fibras foram pesadas em balança analítica (Figura 1-A) e adicionadas a 1 L de água marinha filtrada, permanecendo sob agitação magnética por 1 h (Figura 1-B). Em sequência, a solução foi mantida em temperatura controlada (6 ± 2) e no escuro por um período de 30 dias, a fim de simular o envelhecimento ambiental antes do início dos ensaios.

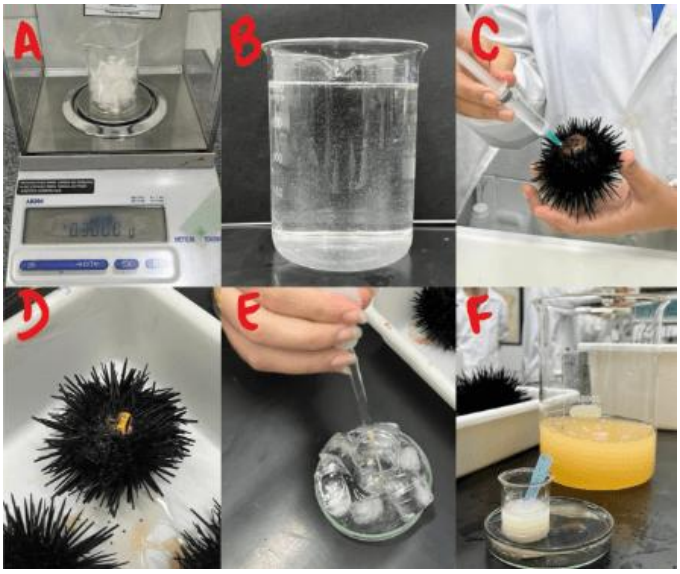
Após o envelhecimento, a partir dessa solução, foi conduzida uma diluição seriada com fator 1:2, resultando em dez concentrações distintas (0,3; 0,15; 0,075; 0,0375; 0,01875; 0,009375; 0,0046875; 0,00234375; 0,001171875; 0,000585938 g/L), abrangendo níveis ambientalmente relevantes e cenários potenciais de aumento de contaminação. Para cada concentração, foram preparadas quatro réplicas de 10 mL, além de um grupo controle isento de fibras.

A obtenção dos gametas seguiu os procedimentos descritos na norma ABNT NBR 15350 (2023), por meio da indução com injeção de solução de KCl (Figura 1-C). Como não há dimorfismo sexual evidente na espécie, a diferenciação entre machos e fêmeas foi realizada com base na coloração dos gametas liberados: fêmeas apresentaram óvulos de coloração alaranjada (Figura 1-D), enquanto machos liberaram esperma de coloração branca. Os óvulos foram coletados diretamente em béqueres contendo água marinha filtrada, enquanto o esperma foi coletado com pipeta Pasteur e mantido sob resfriamento com cubos de gelo (Figura 1-E).

ISSN 2317-1316

Para a fecundação, o esperma foi previamente diluído em água marinha filtrada e adicionado ao recipiente contendo os óvulos (Figura 1-F). A mistura foi suavemente agitada para favorecer o encontro dos gametas. Em seguida, aproximadamente 300 ovos fecundados foram distribuídos em tubos contendo os diferentes tratamentos e no controle. Os tubos foram mantidos por 42 horas sob condições controladas (fotoperíodo de 16:8 h claro:escuro, temperatura de 28 ± 2 °C e salinidade de 33). Ao término do período de exposição, as larvas foram fixadas com formaldeído tamponado a 10% e posteriormente quantificadas em câmara de Sedgewick-Rafter para avaliação do desenvolvimento.

Figura 1: Pesagem das fibras de algodão (A); Fibras diluídas antes do envelhecimento (B); Injeção de KCl em um exemplar de Echinometra lucunter (C); Fêmea liberando óvulos (D); Esperma depositado em becker com gelo (E); Esperma e óvulos alaranjados diluídos em água marinha (F)



Fonte: Elaborada pelo autor, 2026.

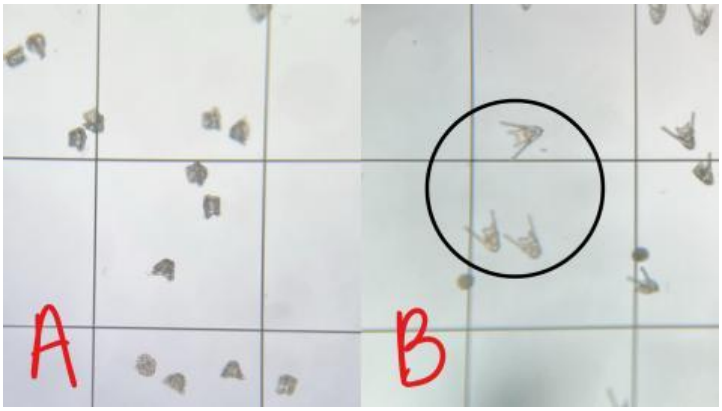
A confirmação da viabilidade do ensaio foi obtida a partir da análise das características morfológicas dos 100 primeiros organismos de cada uma das réplicas do controle, visto que mais de 80% dos organismos pertencentes a esse grupo alcançaram o estágio de *pluteus* com desenvolvimento normal. Esse critério é caracterizado pela formação de braços com comprimento igual ou superior ao do corpo larval.

As larvas de cada tratamento foram avaliadas quanto ao desenvolvimento ao longo do gradiente de concentrações, iniciando-se pela menor concentração testada e prosseguindo até a maior. Com base nas características observadas, os organismos foram distribuídos em duas

ISSN 2317-1316

categorias: "Não desenvolvidos", organismos que apresentaram comprometimento do desenvolvimento, caracterizado por malformações, atraso na diferenciação embrio-larval ou interrupção total da progressão antes da formação da larva (Figura 2-A), e "Desenvolvidos", aqueles que atingiram o estágio larval esperado sem alterações morfológicas aparentes (Figura 2-B).

Figura 2: Larvas de Echinometra lucunter consideradas "Não desenvilvidas" (A); Larvas de Echinometra lucunter consideradas "Desenvolvidas" (B)



Fonte: Elaborada pelo autor, 2026.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas menores concentrações de exposição (0,00234375; 0,001171875; 0,000585938 g/L), não foi observada toxicidade, constatada pelo predomínio de larvas com desenvolvimento embriolarval normal. À medida que a concentração aumentou, observou-se maior incidência de larvas com anomalias, acompanhado por um aumento discreto na proporção de embriões sem desenvolvimento, embora estes continuassem representando a menor parcela dos organismos afetados. Esse padrão tornou-se mais evidente nas duas concentrações mais elevadas (0,3; 0,15 g/L) indicando uma resposta dependente da concentração.

A concentração efetiva mediana (CE_{50}) estimada foi de 0,2241 g/L, valor superior à concentração ambientalmente relevante descrita na literatura (0,0001 g/L) (Severini *et al.*, 2019; Pedrotti *et al.*, 2021). Esse resultado indica que são necessárias concentrações consideravelmente mais elevadas para conduzir efeitos deletérios em 50% da população exposta. Embora as microfibras naturais apresentem maior suscetibilidade à degradação quando comparadas às fibras sintéticas, sua permanência no ambiente aquático não pode ser considerada desprezível, reforçando a necessidade de maior fomento nessa área de estudo.

ISSN 2317-1316

A degradação dessas fibras pode demandar períodos que variam de meses a décadas, dependendo de fatores como composição, condições ambientais e atividade microbiana, afetando a integridade biológica das espécies durante sua ocorrência no ambiente (Athey e Erdle, 2022; Zambrano *et al.*, 2020;2021). Processos industriais, incluindo a aplicação de corantes, acabamentos químicos e outros tratamentos têxteis, podem retardar ainda mais sua decomposição, prolongando sua permanência nos ecossistemas aquáticos. Somada à liberação contínua desses materiais no ambiente, essa elevada taxa de ocorrência faz com que as fibras naturais sejam consideradas contaminantes pseudopersistentes, uma vez que, embora sofram degradação, sua reposição constante mantém sua presença e potencial de impacto sobre os organismos aquáticos (Dos Santos *et al.*, 2024; Zambrano *et al.*, 2020;2021).

Além disso, estas microfibras podem ser incorporadas aos organismos de forma involuntária. Um estudo conduzido com a espécie de ouriço-do-mar *Diadema africanum*, na Ilha de Tenerife (Espanha), relata a presença de micropartículas em todos os 26 exemplares analisados. As microfibras foram a forma dominante, sendo 45,9% de composição celulósica, as mais abundantes dentro do estudo (González *et al.*, 2021).

O presente estudo avaliou a toxicidade das microfibras após permanência em água do mar por 30 dias, uma vez que estudos pretéritos na espécie testada já demonstram que microfibras recém liberadas tendem a apresentar menor potencial de interferência biológica em relação a aquelas previamente expostas à água marinha, considerando que o processo de envelhecimento modifica suas propriedades físico-químicas e pode aumentar sua toxicidade (Dos Santos *et al.*, 2024) e avança no conhecimento a apresentar um valor de CE50 estimado para estes materiais. Estudos com outros organismos também ressaltam a prevalência de toxicidade de microfibras envelhecidas em relação as recém introduzidas nos sistemas aquáticos (Duz, 2026).

Sob a perspectiva das relações interespecíficas, os resultados obtidos neste estudo sugerem que a exposição às concentrações avaliadas pode contribuir para a redução das populações de *Echinometra lucunter*, uma vez que os efeitos deletérios são observados ainda nas fases iniciais do desenvolvimento. Essa espécie desempenha importante função ecológica em ambientes recifais por apresentar hábito alimentar predominantemente herbívoro, atuando no controle do crescimento de macroalgas que competem por espaço e recursos com os corais. Assim, uma eventual redução na abundância desses organismos pode alterar a estrutura das

ISSN 2317-1316

comunidades bentônicas, favorecer a proliferação de algas e comprometer a resiliência, a biodiversidade e o funcionamento ecológico dos recifes de coral (Fagundes, 2019).

4 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que microfibras de algodão envelhecidas em água marinha apresentam potencial para comprometer o desenvolvimento embriolarval de *Echinometra lucunter*, evidenciando que fibras naturais também constituem uma fonte relevante de contaminação dos ecossistemas aquáticos. A estimativa da CE_{50} (0,2241 g/L) estabeleceu um parâmetro quantitativo de toxicidade para esse material. Embora esse valor seja superior às concentrações ambientalmente reportadas, as alterações observadas indicam que a exposição contínua às microfibras pode produzir efeitos significativos sobre organismos marinhos. Diante da elevada produção e do descarte de materiais têxteis, bem como da liberação contínua dessas partículas no ambiente, reforça-se a necessidade de estudos que investiguem seus efeitos crônicos, diferentes condições de envelhecimento e múltiplos níveis de organização biológica, subsidiando estratégias de monitoramento, gestão ambiental e políticas públicas voltadas à mitigação da contaminação dos ecossistemas aquáticos associada à produção têxtil. O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Brasil, processo nº 148286/2025-9.

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Durante a elaboração deste trabalho, utilizou-se a ferramenta ChatGPT (GPT-5.5, OpenAI) como apoio à revisão textual, incluindo verificação ortográfica, ajustes gramaticais, aprimoramento da coesão e da coerência, conferência de conectivos e concisão textual. Todo o conteúdo foi revisado, editado e validado pelos autores, que assumem integral responsabilidade pelo texto final.

6 REFERÊNCIAS

Athey, S. N., & Erdle, L. M. (2022). Are we underestimating anthropogenic microfiber pollution? A critical review of occurrence, methods, and reporting. Environmental Toxicology and Chemistry, 41(4), 822-837.

Avio, C. G., Gorbi, S., & Regoli, F. (2017). Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. Marine environmental research, 128, 2-11.

ISSN 2317-1316

BARBOSA, M. V. de S. (2013). Utilização da lógica paraconsistente anotada no apoio à interpretação de resultados obtidos em ensaios de toxicidade com ouriço-do-mar. 56 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos) – Universidade Santa Cecília, Santos.
Bick, R., Halsey, E., & Ekenga, C. C. (2018). The global environmental injustice of fast fashion. Environmental health : a global access science source, 17(1), 92.

Boulanger, G., Andujar, P., Pairon, J. C., Billon-Galland, M. A., Dion, C., Dumortier, P., Brochard, P., Sobaszek, A., Bartsch, P., Paris, C., & Jaurand, M. C. (2014). Quantification of short and long asbestos fibers to assess asbestos exposure: a review of fiber size toxicity. Environmental Health, 13(1), 59.

Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines woldwide: sources and sinks. Environmental science & technology, 45(21), 9175-9179.

Chae, Y., & An, Y. J. (2017). Effects of micro-and nanoplastics on aquatic ecosystems: Current research trends and perspectives. Marine pollution bulletin, 124(2), 624-632.

Duz, J. L. (2026). Avaliação da contaminação por microfibras têxteis em invertebrados marinhos (Dissertação de Mestrado). Universidade Santa Cecília, Santos.

Dos Santos, J. B., Choueri, R. B., Dos Santos, F. E. M., Santos, L. A. D. O., da Silva, L. F., Nobre, C. R., Cardoso, M.A.; de Britto Mari, R.; Simões, F.R.; Delvalls, T.A.; Gusso-Choueri, P. K. (2024). Are microfibers a threat to marine invertebrates? A sea urchin toxicity assessment. Toxics, 12(10), 753.

Fagundes, L. M. (2019). Predação e estrutura das assembleias de ouriços-do-mar na Ilha da Trindade (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

De Jesus Fraga, J., & Dos Santos, M. G. C. (2020). A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E OS IMPACTOS NO RAMO DA MODA. Anais do Fórum Regional de Administração.

González, M. S. (2021). Estudio de la presencia de microplásticos en el erizo de mar Diadema africanum en la isla de Tenerife (Islas Canarias). 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Biologia Marina). Universidade da Coruña; Universidad de La Laguna, Tenerife.
Gregori, I. C. S.; Maier, J. P.; O modelo de produção fast fashion na ótica da sustentabilidade. *Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável*, Belo Horizonte, v. 20, p. 1-16, 2023.

Henry B, Laitala K, Klepp IG. (2019) Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for in-cluding microplastics in environmental sustainability assessment. Sci. Total Environ. 652, 483–494

ISSN 2317-1316

Ladewig, S. M., Bao, S., & Chow, A. T. (2015). Natural fibers: A missing link to chemical pollution dispersion in aquatic environments. Environmental Science & Technology, 49(19), 11345–11346.

Le Guen, C., Suaria, G., Sherley, R. B., Ryan, P. G., Aliani, S., Boehme, L., & Brierley, A. S. (2020). Microplastic study reveals the presence of natural and synthetic fibres in the diet of King Penguins (Aptenodytes patagonicus) foraging from South Georgia. Environment international, 134, 105303.

Madl, A. K., & O'Neill, H. C. (2022). Fiber biodurability and biopersistence: historical toxicological perspective of synthetic vitreous fibers (SVFs), the long fiber paradigm, and implications for advanced materials. Critical Reviews in Toxicology, 52(10), 811-866.

Mishra S, Rath CC, Das AP. (2019). Marine microfiber pollution: a review on present status and future challenges. Mar Pollut Bull 140:188–197

Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Perry, P., Rissanen, T., Gwilt, A. (2020). The environmental price of fast fashion. Nat Rev Earth Environ 1, 189–200.

Pedrotti, M. L.; Petit, S.; Eyheraguibel, B.; Kerros, M. E.; Elineau, A.; Ghiglione, J. F.; Loret, J. F.; Rostan, A.; Gorsky, G. Pollution by anthropogenic microfibers in North-West Mediterranean Sea and efficiency of microfiber removal by a wastewater treatment plant. Science of The Total Environment, v. 758, 2021. Art. 144195.

Romero, L. L. Vieira, J. O. W. M., Medeiros, L. A. R. de, Martins, R. F. (1995). Fibras artificiais e sintéticas. Relato Setorial. Rio de Janeiro: BNDES, p. 55-66.

Rovira, J.; Domingo, JL. Human health risks due to exposure to inorganic and organic chemicals from textiles: A review. (2018). Environ. Res. 168, 62–69.

SEVERINI, M. D. F.; VILLAGRÁN, D. M.; BUZZI, N. S.; CHATELAIN SARTOR, G. Microplastics in oysters (Crassostrea gigas) and water at the Bahía Blanca Estuary (Southwestern Atlantic): An emerging issue of global concern, v. 32, 2019. Art. 100829. ISSN 2352-4855.

Sørensen, L., Groven, A. S., Hovsbakken, I. A., Del Puerto, O., Krause, D. F., Sarno, A., & Booth, A. M. (2021). UV degradation of natural and synthetic microfibers causes fragmentation and release of polymer degradation products and chemical additives. Science of the Total Environment, 755, 143170.

Suaria G, Achtypi A, Perold V, Lee JR, Pierucci A, Bornman TG, Aliani S, Ryan PG. (2020). Microfibers in oceanic surface waters: A global characterization. Science advances, 6(23), eaay8493.

Zambrano, M. C., Pawlak, J. J., Daystar, J., Ankeny, M., Goller, C. C., & Venditti, R. A. (2020). Aerobic biodegradation in freshwater and marine environments of textile microfibers generated

ISSN 2317-1316

in clothes laundering: Effects of cellulose and polyester-based microfibers on the microbiome. Marine Pollution Bulletin, 151, 110826.

Zambrano, MC, Pawlak, JJ, Daystar, J., Ankeny, M., & Venditti, RA (2021). Impact of dyes and finishes on the microfibers released on the laundering of cotton knitted fabrics. Environ Pollution, 272 , 115998.